

Pengaruh Variasi dan Komposisi Pelarut terhadap Pengambilan Asam Lemak Omega dari Minyak Biji Anggur dengan Kompleksasi Urea

(The Effect of Solvent Variation and Composition for Concentrating Omega Fatty Acids from Grape Seed Oil by Urea Complexation)

Dwi Ardiana Setyawardhani, Dinda Sekar Laras, Kurnia Jayanti Prasetya

*Program Studi Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami No. 36A, Surakarta*

Kata Kunci: Asam lemak omega, kompleksasi urea, minyak biji anggur

Key Words : *Omega fatty acids, urea complexation, grapeseed oil*

Inti Sari

Asam lemak omega berperan penting dalam perkembangan otak dan sistem syaraf bagi anak-anak dan pencegahan penyakit degeneratif bagi orang dewasa. Kompleksasi urea merupakan metode yang dinilai paling efektif dan efisien untuk memperoleh konsentrat asam lemak omega. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh variasi dan komposisi pelarut terhadap peningkatan kadar asam lemak omega pada konsentrat asam lemak minyak biji anggur dengan metode kompleksasi urea. Penelitian ini mempelajari 3 variasi pelarut yaitu metanol, etanol dan air serta campurannya dalam komposisi 0-100% w/w. Kompleksasi urea memiliki beberapa tahapan yaitu (1) hidrolisis minyak menjadi asam lemak bebas, (2) kristalisasi/kompleksasi urea, (3) pemungutan asam lemak omega dan (4) analisa. Proses diawali dengan saponifikasi dan pemurnian asam lemak minyak biji anggur, kemudian ditambahkan urea dan pelarut dengan variasi dan komposisi yang berbeda untuk mendapatkan senyawa kompleks urea. Analisa gas kromatografi dilakukan untuk mengetahui komposisi asam lemak pada fasa kristal (*urea complexed fraction/UCF*) maupun konsentrat (*non-urea complexed fraction/NUCF*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa asam lemak jenuh yang terjerap dalam senyawa kompleks urea dengan pelarut etanol mencapai nilai yang maksimal, sehingga yang tertinggal dalam konsentrat menjadi minimal. Etanol merupakan pelarut yang terbaik untuk kompleksasi urea dibandingkan metanol dan air. Kadar asam lemak omega dalam konsentrat dapat dikonsentrasikan hingga 90,334%.

Abstract

Omega fatty acids play an important role for development of the brain and nervous system for babies and infants. They also prevent degenerative diseases for adults. The purposes of this research were to study the effect of solvents and their compositions on

Published by

Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan

Corresponding Author

Dwiardiana@staff.uns.ac.id



Journal History

Paper received : 28 Januari 2020
Received in revised : 10 Februari 2020
Accepted: 10 Mei 2020

increasing omega fatty acids concentrates of grapeseed oil by urea complexation. This method is considered as the most effective and efficient way. The solvents which were studied in this research were methanol, ethanol, water and their mixtures (0-100% w/w). Urea complexation conducted in several steps : (1) grapeseed oil hydrolysis into free fatty acids, (2) crystallization, (3) splitting the unsaturated fatty acids, and (4) analysis. Grapeseed oil was saponified into fatty acids mixtures and then be refined. Fatty acids mixtures were added with urea and solvents in different compositions to obtain urea complex compounds. Gas chromatography was used to determine the composition of fatty acids in each phase (urea complexed fraction-UCF as solid phase and non-urea complexed fraction-NUCF as liquid phase). The less saturated fatty acids remaining in the sample, the more effective the solvent will be. The results showed that saturated fatty acids which formed complexes with urea using ethanol reached maximum values. Ethanol was the best solvent for urea complexation, with 90.334% PUFA in the NUCF.

PENDAHULUAN

Minyak nabati merupakan komoditas pertanian yang digunakan untuk industri oleochemical. Di Indonesia, minyak nabati utamanya digunakan untuk keperluan pangan. Minyak nabati memiliki kandungan berupa asam-asam lemak yang terdiri atas 3 golongan, yaitu: 1) asam lemak jenuh (*Saturated Fatty Acid-SFA*) semisal asam palmitat atau stearat; 2) asam lemak tak jenuh tunggal (*Mono Unsaturated Fatty Acid-MUFA*) semisal asam oleat, dan 3) asam lemak tak jenuh ganda (*Poly Unsaturated Fatty Acid-PUFA*), semisal asam linoleat dan linolenat [1]. Asam lemak dapat diperoleh dari minyak nabati melalui reaksi hidrolisis yang merupakan reaksi kesetimbangan. Untuk memperoleh produk asam lemak yang lebih besar, dapat dilakukan penggeseran reaksi hidrolisis dengan menambahkan jumlah air secara berlebih atau memisahkan produk gliserol.

Asam lemak omega merupakan jenis asam lemak tak jenuh, baik tak jenuh ganda (*Poly Unsaturated Fatty Acid-PUFA*) maupun tunggal (*Mono Unsaturated Fatty Acid-MUFA*). PUFA terbagi atas asam lemak omega-3 (Linoleic Acid (LA), AlphaLinolenic Acid (ALA), Eicosa Pentaenoic Acid (EPA) dan Docosa Hexaenoic Acid (DHA)) serta omega-6 (Gamma-Linolenic Acid-GLA), sedangkan MUFA terdiri atas asam lemak omega-9 (asam oleat) [1]. Fungsi dan kegunaan PUFA dan MUFA sangat berbeda, sehingga PUFA dan MUFA harus dipisahkan satu sama lain untuk dimanfaatkan secara optimal. PUFA memiliki peranan penting terhadap pencegahan penyakit kardiovaskular, peningkatan kemampuan belajar, dan peningkatan sistem imun tubuh [2]. PUFA bersifat esensial dan harus dikonsumsi lewat makanan, sedangkan MUFA bersifat non-esensial dan dihasilkan dari dalam tubuh.

PUFA dapat dipisahkan dari minyak nabati dengan metode fraksinasi kompleksasi urea, kromatografi, destilasi, kristalisasi pada suhu rendah, dan ekstraksi fluida superkritik. Beberapa metode seperti kromatografi, destilasi, enzimatis, kristalisasi pada suhu rendah memiliki kekurangan yaitu lebih lambat, kurang efisien, mahal, dan sulit digunakan untuk skala yang besar [3]. Penelitian ini memisahkan PUFA dengan cara fraksinasi kompleksasi urea. Cara ini dipilih karena dapat meningkatkan kandungan asam lemak tak jenuh ganda tanpa mengalami degradasi dan kondisi operasinya relatif moderat. Kondisi operasi pemisahan PUFA melalui fraksinasi kompleksasi urea tergolong mudah dicapai karena membutuhkan peralatan yang sederhana dan dilakukan pada kisaran suhu yang tidak terlalu tinggi [4]. Proses fraksinasi kompleksasi urea dapat menggunakan variasi pelarut organik seperti metanol, etanol, dan aquadest karena murah, tidak bersifat toksik, dan dapat di-recovery [5]. Dengan beberapa kelebihan tersebut, maka metode ini dinilai lebih efektif dari segi biaya dan ramah terhadap lingkungan.

Berbagai sumber minyak mulai banyak dieksplorasi, untuk menyesuaikan kebutuhan asam lemak tertentu yang ingin diperoleh. Minyak tersebut seringkali merupakan minyak dari hewan dan tumbuhan khas dari suatu daerah, seperti minyak telur Rana [6], ikan lele Asia [7], hati ikan Raya [8], [9] bahkan minyak biji Echium yang khusus menghasilkan asam stearidonat yang bermanfaat untuk diet [10]. Penelitian ini memanfaatkan minyak biji anggur (*Grape Seed Oil*) sebagai salah satu minyak yang berpotensi menghasilkan PUFA karena kandungan asam lemak tak jenuhnya tinggi, serta berasal dari bahan yang kurang dimanfaatkan. Secara umum biji anggur memiliki kandungan 10 - 20%

minyak yang kaya akan asam lemak tak jenuh seperti asam oleat dan asam linoleat. Minyak biji anggur mengandung 10-14,4% asam palmitat dan asam stearat yang merupakan asam lemak jenuh, dan sisanya yang merupakan kandungan terbesar adalah asam-asam lemak tak jenuh seperti asam oleat, linoleat, EPA dan DHA [11]. Senyawa-senyawa antioksidan yang terkandung dalam minyak biji anggur menyebabkan minyak biji anggur lebih tahan lama dan tidak mudah teroksidasi sehingga sering dimanfaatkan dalam industri kosmetik, kuliner, farmasetika dan tujuan kesehatan lainnya. Selain itu, minyak biji anggur apabila dikomersialisasikan tidak akan bersaing dengan minyak pangan (*edible oil*) seperti minyak sawit karena minyak biji anggur termasuk dalam *non-edible oil*.

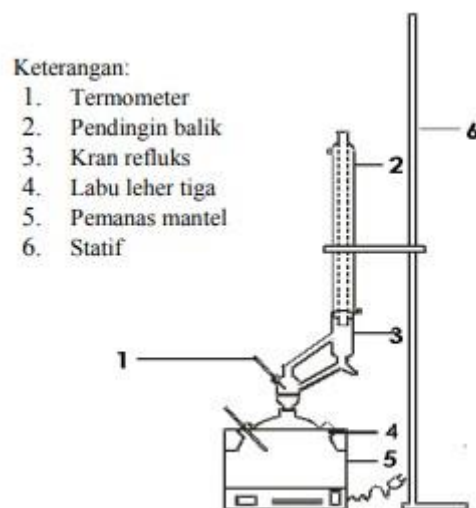
Minyak biji anggur diperoleh dengan cara mengekstrak biji anggur menggunakan metode *cold pressed*. Metode ini dinilai sederhana karena tidak melibatkan pemanasan ataupun zat kimia, tetapi menggunakan alat pengepres dengan cara memasukkan biji ke alat tersebut, kemudian ditekan sampai menghasilkan minyak dan ampas yang sudah terpisah.

Pada produksi konsentrat asam lemak tak jenuh dengan metode fraksinasi kompleksasi urea, pelarut yang dapat digunakan di antaranya adalah air atau alkohol rantai pendek seperti etanol dan metanol [5], [12]. Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh variasi dan komposisi pelarut terhadap kadar asam lemak tak jenuh pada konsentrat asam lemak minyak biji anggur.

METODE PENELITIAN

Bahan utama pada penelitian ini adalah minyak biji anggur merk *Borges*. Bahan pendukung yang dipakai adalah etanol *food grade* berkadar 96,0%, etanol absolut dari Merck berkadar 99,9%, metanol absolut dari Merck berkadar 99,8%, KOH *pro analyze grade* dari Merck berkadar 85,0%, urea *pro analyze grade* dari Merck berkadar > 99,5%, aquadest, nhexana teknis, HCl kadar 37,8%, dan Na₂SO₄ *pro analyze grade* dari Merck berkadar 99,0%. Alat yang digunakan dalam proses pengambilan FFA maupun kompleksasi urea meliputi alat-alat gelas (labu leher tiga dengan rangkaian pendingin), alat pemanas dan pengaduk (tersaji pada Gambar 1), *rotary evaporator*, serta lemari pendingin untuk kristalisasi.

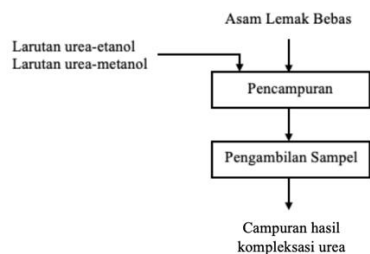
Langkah kerja pada penelitian ini meliputi tiga tahap [13], yaitu: 1) tahap penyiapan asam lemak bebas dari minyak nabati, 2) tahap kristalisasi (fraksinasi kompleksasi urea), 3) tahap pemungutan asam lemak tak jenuh, dan 4) tahap analisa. Tahap penyiapan asam lemak bebas dari minyak biji anggur, meliputi hidrolisis minyak biji anggur dengan katalis KOH hingga diperoleh campuran asam lemak jenuh dan tak jenuh. Tahap fraksinasi kompleksasi urea ditunjukkan pada Gambar 2. Tahap ini diawali dengan proses kristalisasi dengan variabel yang tertera pada Tabel 1. Campuran tersebut diaduk hingga terbentuk campuran homogen. Proses kristalisasi dilakukan pada suhu 15°C dengan waktu kristalisasi yang sama (24 jam). Tahap pemungutan asam lemak omega, pemisahan dan pemurnian dari asam lemak jenuh ditunjukkan pada Gambar 3.



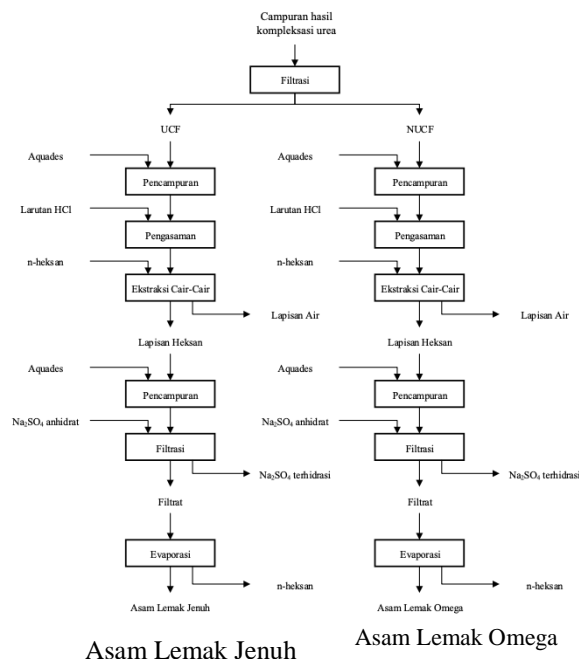
Gambar 1. Skema rangkaian alat kompleksasi urea

Tabel 1. Variabel Tetap dan Variabel Bebas dalam Proses Kristalisasi

No	Variabel tetap	Variabel bebas
1	Rasio kristalisasi : 10 gram asam lemak bebas dan 30 gram urea	Jenis dan komposisi pelarut Metanol 0%, 50%, 100% (w/w)
2	Suhu kristalisasi : 15°C	Etanol 0% (w/w), 95% (w/w), 100% (w/w)
3	Waktu pengadukan : 2 jam	
4	Kecepatan pengadukan : 300 rpm	



Gambar 2. Diagram Alir Tahap Kristalisasi



Gambar 3. Diagram Alir Tahap Pemungutan Asam Lemak Omega

Tahap analisis sampel asam lemak di kedua fraksi dilakukan dengan rangkaian alat *Gas Chromatography*. Komposisi asam lemak dihitung berdasarkan luas area puncak dari masing-masing asam lemak pada kromatogram, relatif terhadap total asam lemak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Minyak biji anggur mempunyai presentase relatif asam lemak sebagaimana tertera pada Tabel 2 [11]. Minyak biji anggur selain mengandung asam lemak omega (MUFA dan PUFA) yang banyak, juga mengandung asam lemak jenuh

(SFA) sebesar hampir 10% yang sebaiknya dipisahkan apabila akan dibuat konsentrat asam lemak omega.

Tabel 2. Komposisi Asam Lemak dalam Minyak Biji Anggur [11]

Asam lemak	Jenis asam lemak	Presentase relatif (%)
Asam palmitat	SFA	6,5 – 9,0
Asam stearat	SFA	3,5 – 5,4
Asam oleat	MUFA	17,8 – 25,5
Asam linoleat	PUFA	60,1 – 68,8
ALA & EPA	PUFA	Sisanya

Pada dasarnya urea memiliki struktur kristal berbentuk tetragonal sekitar 8,2 Å, namun struktur tersebut akan berubah menjadi heksagonal dengan diameter tertentu ($\pm 5,5$ Å) apabila dicampurkan dengan asam lemak maupun senyawa hidrokarbon rantai panjang [5]. PUFA dan MUFA memiliki rantai melekok dikarenakan adanya percabangan pada ikatan rangkapnya sehingga memiliki ukuran yang lebih besar dari SFA. SFA akan lebih mudah terjepap ke dalam rongga kristal urea karena ukurannya yang lebih kecil, sedangkan MUFA dan PUFA cenderung tertinggal dalam cairan karena ukurannya yang lebih besar.

SFA yang berupa asam palmitat dan asam stearat pada minyak biji anggur dapat dipisahkan dari asam lemak omega lainnya. Asam palmitat dan asam stearat sebanyak mungkin perlu dipisahkan dari campuran asam lemak untuk memperoleh konsentrat asam lemak omega. Konsentrat asam lemak omega (PUFA) terdapat pada fraksi cairan (*Non-Urea Complexed Fraction-NUCF*), sedangkan campuran asam lemak jenuh terikat pada kristal urea dan terdapat pada fraksi padatan (*Urea Complexed Fraction-UCF*) [8].

Kelarutan suatu zat tergantung pada tingkat kepolaran pelarut dan zat terlarut. Komponen polar akan larut dalam pelarut polar serta sebaliknya, komponen non polar akan larut dalam pelarut non polar. Urea dapat larut dalam alkohol dan air dengan komposisi tertentu, karena jumlah urea mempengaruhi suhu kelarutan. Semakin tinggi massa urea dalam pelarut maka semakin tinggi suhu yang dibutuhkan untuk melarutkan urea tersebut [5].

Syarat pelarut yang digunakan dalam fraksinasi kompleksasi urea adalah pelarut tersebut tidak dapat membentuk senyawa kompleks inklusi dengan urea atau tidak dapat berperan sebagai senyawa tamu (*guest molecule*). Proses fraksinasi kompleksasi urea dapat menggunakan variasi pelarut organik yang tidak bersifat toksik seperti etanol, metanol, dan aquadest [5]. Tujuan penggunaan pelarut organik dalam fraksinasi adalah untuk membantu pemisahan fraksi cair dan mengikat lebih banyak komponen terlarut sehingga dihasilkan produk konsentrat dengan konsentrasi yang tinggi.

Pengaruh Jenis Pelarut

Penelitian ini menggunakan 3 variasi pelarut, yakni metanol, aquadest, dan etanol. Ketiga pelarut ini merupakan *wetting agent* yang paling sesuai untuk kompleksasi urea [5], karena tidak dapat membentuk senyawa kompleks inklusi dengan urea dan tidak dapat berperan sebagai senyawa tamu (*guest molecule*). Pelarut dapat terpisahkan dengan baik dalam proses pemurnian asam lemak dari NUCF, sehingga konsentrat asam lemak (NUCF) telah bebas dari pelarut dan relatif aman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelarut yang paling baik dalam memisahkan asam lemak tak jenuh dan asam lemak jenuh yakni etanol absolut. Etanol merupakan pelarut yang paling baik karena etanol memiliki gugus metilen paling panjang. Dibandingkan dengan air dan metanol, etanol bersifat paling non polar. Asam lemak adalah senyawa non polar sehingga mampu terlarut paling baik dalam etanol. Kelarutan ini memudahkan SFA untuk terperap ke dalam kristal urea sehingga SFA yang tertinggal di dalam fraksi cairan (NUCF) lebih sedikit dibanding pelarut lain (Tabel 3).

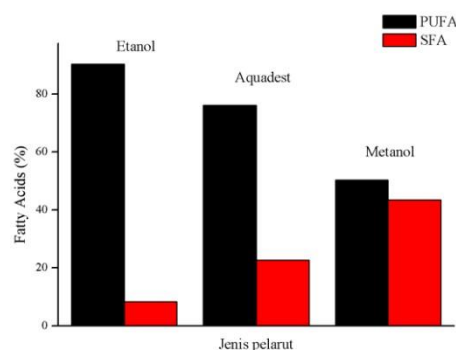
Tabel 3. Komposisi Asam Lemak pada NUCF dalam Berbagai Jenis Pelarut

Jenis pelarut	% PUFA	% SFA
Etanol absolut	90,334	8,264
Aquadest	76,098	22,672
Metanol absolut	50,277	43,502

Pengaruh Komposisi Pelarut

Pada variasi komposisi pelarut, dilakukan uji terhadap variasi komposisi metanol dan etanol. Pengambilan asam lemak omega dengan pelarut

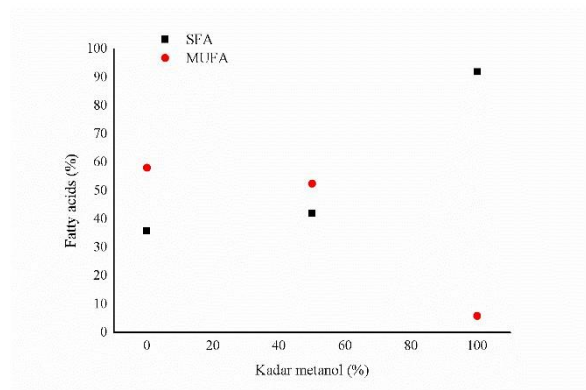
metanol menunjukkan hasil bahwa semakin tinggi kadar metanol maka semakin tinggi pula kandungan asam lemak jenuh yang terdapat pada fraksi padat (*Urea Complexed Fraction-UCF*). Metanol absolut mampu memisahkan asam lemak jenuh lebih efektif dibandingkan metanol dengan komposisi yang lebih rendah. SFA yang terperap pada kristal urea di fraksi UCF (metanol komposisi 100%) mencapai 91,977%, sedangkan kadar MUFA yang tersisa hanya sebesar 5,856%. Hal ini disebabkan metanol lebih non polar dibandingkan dengan air karena memiliki gugus metilen, sedangkan air tidak. Kelarutan asam lemak pada metanol murni paling tinggi, sehingga memudahkan SFA untuk terperap dalam kristal urea membentuk UCF. Perbandingan kadar SFA dan kadar MUFA pada UCF dapat dilihat dalam Tabel 4 dan Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 4. Komposisi Asam Lemak pada NUCF dalam Berbagai Jenis Pelarut

Tabel 4. Komposisi Asam Lemak pada UCF dalam Berbagai Kadar Metanol

Kadar Metanol	% SFA	% MUFA
0	35,829	58,143
50	42,026	52,503
100	91,977	5,856



Gambar 5. Komposisi Asam Lemak pada UCF dalam Berbagai Kadar Metanol

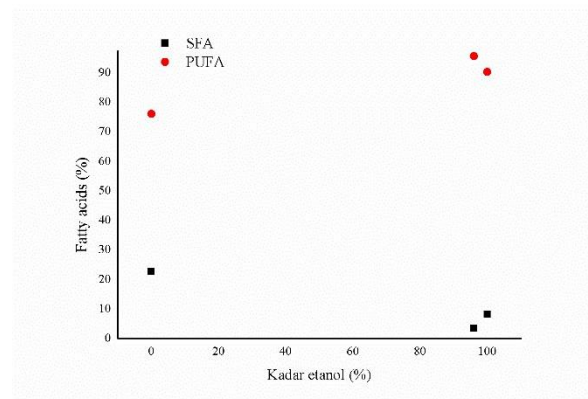
Tabel 5 menunjukkan pengaruh komposisi etanol terhadap konsentrasi asam lemak dalam konsentrat (NUCF). Data etanol murni dan 0% diambil dari Tabel 3, sementara data etanol 95% diambil dari penelitian sebelumnya [11]. Etanol absolut dapat menyerap asam lemak jenuh ke dalam senyawa kompleks urea secara efisien, terbukti SFA yang tersisa pada fraksi NUCF hanya sebesar 8,264% dan kadar PUFA mencapai 90,334%. Namun hasil kompleksasi ini belum sebanyak yang diperoleh pada penelitian sebelumnya dengan menggunakan etanol teknis (95%).

Menurut penelitian sebelumnya [5], kelarutan masing-masing komponen SFA dan urea dalam etanol murni dan etanol teknis (95%) memiliki karakter yang berbeda. Kelarutan SFA lebih tinggi dalam etanol murni, sedangkan kelarutan urea lebih tinggi dalam etanol teknis. Hal ini menunjukkan bahwa kompleksasi urea merupakan kondisi yang dipengaruhi oleh berbagai faktor. Dalam hal ini yang berpengaruh tidak hanya kelarutan asam lemak dalam *wetting agent* (air, metanol atau etanol) namun juga kelarutan kristal ureanya. Ini dapat dipahami mengingat bahwa UCF terbentuk dari urea dan asam lemak. Dengan menggunakan etanol sebagai pelarut, terlihat bahwa keberadaan air sebagai impuritas justru meningkatkan efektifitas kompleksasi urea, meskipun dalam batas tertentu (95%-5% etanol-air). Ditinjau dari aspek komersialisasi, penggunaan etanol teknis lebih menguntungkan karena biaya produksi lebih murah. Gambar 6 menunjukkan pengaruh kadar etanol terhadap komposisi NUCF.

Tabel 5. Komposisi Asam Lemak pada NUCF dalam Pelarut Etanol

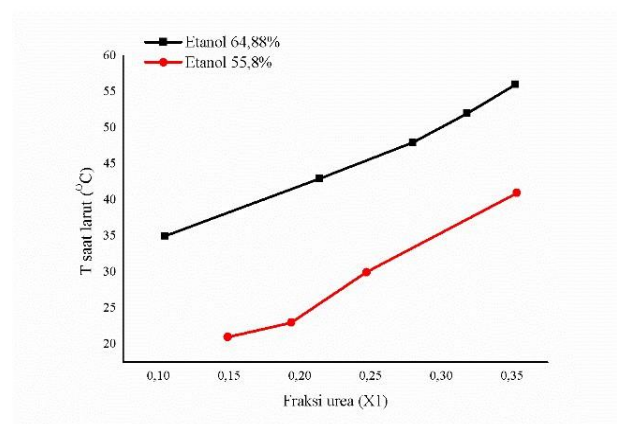
Kadar etanol	% SFA	% PUFA
0	22,672	76,098
95*	3,550	95,720
100	8,264	90,334

* [11]



Gambar 6. Komposisi Asam Lemak pada NUCF dalam Berbagai Kadar Etanol

Data kelarutan urea dalam larutan etanol ditunjukkan pada Gambar 7. Hasil penelitian menunjukkan bahwa urea dengan pelarut etanol yang mempunyai konsentrasi lebih tinggi (64,88 % w/w) membutuhkan suhu untuk larut lebih tinggi dibandingkan dengan etanol yang mempunyai konsentrasi rendah (55,8 % w/w). Dapat dinyatakan bahwa kelarutan urea meningkat dengan kenaikan suhu.



Gambar 7. Kelarutan Urea dalam Campuran Etanol – Air

KESIMPULAN

Etanol merupakan pelarut yang terbaik untuk kompleksasi urea dibandingkan metanol dan air, hingga kadar tertentu (95%). Penggunaan etanol murni dapat meningkatkan kadar PUFA hingga 90,334%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kemeterian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai sebagian penelitian ini melalui Hibah Penelitian Mandiri Aktif Universitas Sebelas Maret tahun anggaran 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. Setyawardhani, H. Sulisty, W. B. Sediawan, and M. Fahrurrozi, "Peranan Waktu Pengadukan Terhadap Karakteristik Kompleksasi Urea sebagai Sarana Pemisahan Asam Lemak Omega dari Minyak Nabati," *Reaktor*, vol. 16, no. 2, pp. 81–86, 2016.
- [2] R. A. A. Gazem and S. A. Chandrashekariah, "Omega Fatty Acids in Health and Disease : A Review," *J. Pharm. Res.*, vol. 8, no. 8, pp. 1027–1044, 2014.
- [3] J. L. Guil-Guerrero and E.-H. Belarbi, "Purification process for cod liver oil polyunsaturated fatty acids," *J. Am. Oil Chem. Soc.*, vol. 78, no. 5, pp. 477–484, 2001.
- [4] D. A. Setyawardhani, H. Sulisty, W. B. Sediawan, and M. Fahrurrozi, "Separating poly-unsaturated fatty acids from vegetable oil using urea complexation: The crystallisation temperature effects," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 10, pp. 41–49, 2015.
- [5] D. A. Setyawardhani, H. Sulisty, W. B. Sediawan, and M. Fahrurrozi, "Solid – Liquid Equilibrium for Binary and Ternary Phases of Saturated Fatty Acid – Urea – Alcohol in Urea Complexation," *J. Chem. Eng. Data*, vol. 64, pp. 5066–5078, 2019.
- [6] D. Li *et al.*, "Concentration of Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids from Rana Egg Oil by Urea Complexation and Response Surface Methodology," *Am. J. Food Technol.*, vol. 11, no. 3, pp. 76–83, 2016.
- [7] P. Thammapat, S. Siriamornpun, and P. Raviyan, "Concentration of eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) of Asian catfish oil by urea complexation : optimization of reaction conditions," *Songklanakarin J.Sci.Technol.*, vol. 38, no. 2, pp. 163–170, 2016.
- [8] D. Sathees, J. K. Vidanarachchi, and S. M. C. Himali, "Enrichment of Omega-3 Fatty Acids using Urea Complexation Method to Enhance the Nutritive Value of Stingray Fish (Dasyatis Sephen F .) Liver Oil," *Int. J. Trend Sci. Res. Dev.*, vol. 3, no. 5, pp. 24–29, 2019.
- [9] L. M. Magallanes, L. V Tarditto, N. R. Grosso, M. C. Pramparo, and M. F. Gayol, "Highly concentrated omega-3 fatty acid ethyl esters by urea complexation and molecular distillation," *J.Sci.Food Agric.*, vol. 99, no. July, pp. 877–884, 2019.
- [10] L. Vázquez, E. Ortego, M. Corzo-martínez, G. Reglero, and C. F. Torres, "Stearidonic Acid Concentration by Urea Complexation from Echium Oil," *J. Oleo Sci.*, vol. 67, no. 9, pp. 1091–1099, 2018.
- [11] D. A. Setyawardhani, B. Kiswantono, and Y. P. Cahyani, "Pengambilan Asam Lemak Omega dari Minyak Biji Anggur dengan Metode Kompleksasi Urea," in *Seminar Nasional Teknik Kimia Unnes*, 2018, no. 36, pp. 46–52.
- [12] A. Idris, S. K. Loh, and Y. M. Choo, "Urea Fractionation of Used Palm Oil Methyl

- Esters,” *J. Oil Palm Res.*, vol. 26, no. 3, pp. 226–231, 2014.
- [13] U. N. Wanasundara and F. Shahidi, “Concentration of omega 3-polyunsaturated fatty acids of seal blubber oil by urea complexation: optimization of reaction conditions,” *Food Chem.*, vol. 65, pp. 41–49, 1999.